T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

MAKİNE TEKNOLOJİSİ

MALZEME MUAYENESİ
521MMI533

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR ii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 3
1. MALZEME MUAYENE YÖNTEMLERİ 3
1.1. Malzemenin Tanımı 3
1.1.1. Malzeme Muayenenin Amacı ve Önemi 3
1.2. Malzemeyi Tahrip Etmeden Yapılan Muayene 4
1.3. Penetran Sıvı İle Kontrol 6
1.3.1. Temizleme 6
1.3.2. Penetran Sıvı Çeşitleri 7
1.3.3. Penetran Sıvının Uygulanması 7
1.3.4. Ara Yıkama 8
1.4. Ultrasonik Kontrol 9
1.4.1. Ultrasonik Muayene Yöntemi ve Kuralları 10
1.4.2. Ultrasonik Kaynak Üreteci 11
1.5. Röntgen Işınlarıyla Kontrol 11
1.5.1. Radyografik Yöntemiyle Muayenenin Tanımı 11
1.5.2. Radyografik Yöntemin Temel Kuralları ve Donanımı 12
1.5.3. Radyografik Görüntü Oluşumu 13
1.5.4. Muayene Sonunda Filme Bakarak Kaynak Hatalarını Tespiti 13
1.6. Manyetik Kontrol 15
1.6.1. Manyetizasyon Türleri 15
1.7. Basınçla Kontrol 16
1.7.1.Basınçlı Hava Üreteçleri 17
1.7.2. Basınçlı Hava Uygulama 17
1.7.3. Malzemeye Basınçlı Su Verme 17
1.7.4. Malzemeyi Su Havuzuna Yerleştirme 17
1.8. Malzemeyi Tahrip Ederek Yapılan Muayeneler 17
1.9. Malzeme Muayene Safhaları 29
UYGULAMA FAALİYETİ 31
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 34
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 36
2. SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ 36
2.1. Statik Sertlik Ölçme Yönteleri 37
2.1.1. Rockwell Sertlik Ölçme 37
2.1.2. Brinell Sertlik Ölçme Yöntemi 40
2.1.3. Vickers Sertlik Ölçme Yöntemi 42
2.2. Dinamik Sertlik Ölçme Yöntemleri 45
2.2.1. Shore Sertlik Ölçme Yöntemi 45
UYGULAMA FAALİYETİ 46
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 49
MODÜL DEĞERLENDİRME 51
CEVAP ANAHTARLARI 54
KAYNAKÇA 55

AÇIKLAMALAR

KOD	**521MMI533**
ALAN	**Makine Teknolojisi**
DAL/MESLEK	**Makine Teknolojisi Tüm Dallar**
MODÜLÜN ADI	**Malzeme Muayenesi**
MODÜLÜN TANIMI	Malzeme muayene yöntemlerinin işlendiği bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Malzeme muayene yöntemleri ile malzemelerin muayenesini yapmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel amaç** Bu modül ile gerekli ortam ve ekipman sağlandığında malzeme muayene yöntemlerini ve malzemelerin sertliklerinin ölçümünü yapabileceksiniz. **Amaçlar** 1. İmalatı yapılmış parçaları muayene ve kontrollerini yapabileceksiniz. 2. Makine parçalarının sertlik ölçme işlemini yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Sınıf, atölye veya grupla çalışabileceği tüm ortamlar, malzeme muayene laboratuvarı **Donanım:** Yapılmış iş parçaları, mekaniksel temizleme araçları, metal mikroskobu, kıvılcım deneyi için zımpara taşı, çekme deney makinesi, basma deney makinesi, burulma deney makinesi, kesme deney makinesi, kopma deney makinesi, Rockwell sertlik ölçme cihazı, Brinell sertlik ölçme cihazı, Vickers sertlik ölçme cihazı, shore sertlik ölçme cihazı
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Makine imalatında üretim kadar malzeme muayeneside önemlidir. İmalat tekniklerine göre muayene yöntemleri de değişiklik göstermektedir.

İmalatını yaptığınız makine parçasının nihai ürün olarak depolanmadan önceki üretim aşamalarını bilmeniz son derece önemlidir. Teknolojik gelişmeler üretim tezgâhlarının yenilenmesine, yeni imalat teknikleri ve parçalara verilen ürün garantileri de malzeme muayenesinin önemini artırmaktadır.

Üretim teknolojisinde verim ve kalite ana hedefler hâline gelmiştir. Gelişen teknoloji rekabeti artırırken tüketici memnuniyetini de dikkate almaktadır.

Gelişen malzeme muayene yöntemlerini öğrenmek, yenilikleri yakından takip etmek çalışan teknik elemanların görevi hâline gelmiştir.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

İmalatı yapılmış parçaları muayene ve kontrollerini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Makine, metal sektöründe faaliyet gösteren iş yerlerini gezerek metal malzemeler, muayene ve kontrol yöntemleri hakkında bilgi toplayınız ve numuler alarak sınıfa getiriniz ve bilgilerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

1. MALZEME MUAYENE YÖNTEMLERİ

1.1. Malzemenin Tanımı

Bir amacı gerçekleştirmek için kullanılan maddelere **malzeme** denir. Çelik konstrüksiyon yapımında kullanılan profiller, otomotiv sektöründe kullanılan çelik, mobilya sektöründe kullanılan kereste vb. alanda kullanılan malzemelerdir.

Tabiatta her amacı gerçekleştirecek malzeme bulunmaktadır. Malzeme bilgisine hakim iyi bir teknik eleman, amaca uygun malzemeyi seçer ve bu malzemenin özelliklerini geliştirerek azami fayda sağlayacak şekilde kullanır.

1.1.1. Malzeme Muayenenin Amacı ve Önemi

Malzeme muayenesi, malzeme seçimi ve seçilen malzemenin yerinde görev yapıp yapmayacağını anlamak için veya malzeme özelliklerini belirlemek için yapılan deneyler topluluğudur.

Malzeme muayenesinin iki ana amacı vardır. Amaçlarından biri satışa sunulmadan önce malzemedeki hataların tespitidir. Diğer amacı ise iş parçasının, çalışma şartlarında ortaya çıkacak yüklere karşı gösterdiği tavırları önceden görmektir.

Malzeme muayenesinde şu ana noktalar ele alınır:

- Malzemelerin garanti edilmiş özelliklerine ait muayene
- Malzemelerin işlenme özelliklerine ait muayene (teknolojik muayene)
- İçyapının ve kimyevi bileşenlerin muayenesi
- Ham durumdaki parçalarla hazır parçaların iç hatalarının muayenesi

Malzeme muayene yöntemlerinin çokluğu, bunlar arasında seçimler yapmayı kolaylaştırmaktadır. Seçim yapılırken öncelikli olarak muayene yönteminin istenilenleri karşılaması, maliyeti dikkate alınır. Çünkü yöntemlerden bazılan pahalı donanımı ve eğitimli kişilere ihtiyaç vardır.

1.2. Malzemeyi Tahrip Etmeden Yapılan Muayene

Malzemeyi tahrip etmeden yapılan malzeme muayene yöntemlerinde, numune parça ayrılmasına gerek yoktur. İşlem çoğunlukla iş parçası üzerinde parçaya zarar vermeden yapılır.

Bu uygulamalar, yarı mamul ve bitmiş iş parçalarındaki hataların (ölçü bozukluğu, çatlaklar, boşluklar, katmerler) belirlenmesine yarar.

Resim 1.1: Malzeme muayene labaratuvarı

➢ Gözle Muayene

Gözle yapılan malzeme muayenesi, maliyet açısından en düşük olanıdır. Muayeneyi yapan kişinin deneyimlerine dayalı bir yöntem olduğundan muayene yapanın bu konuda eğitimli olması gereklidir.

Gözle yapılan muayene sonunda malzeme dış yüzeyindeki hatalar tespit edilir. Böylece dış yüzeyde oluşabilecek oksit katmanları, çatlak, kırık ve ölçü sapmaları belirlenir.

Küçük iş parçalarına gözle yapılan muayeneye her atelyede bulunan hafif bir çekiç darbesiyle çınlama deneyi yapmak da mümkündür. Bunun için iş parçası bir iple serbestçe asılır ve çekiçle iş parçasına hafifçe vurulur. İş parçasının çıkardığı sese göre sert, yumuşak ve çatlak olup olmadığı belirlenir.

➢ Mikroskopla muayene

Polisaj işlemi ile parlatılan ve dağlanan (asitle temizleme) metal yüzeyleri, metal mikroskobuyla gözetlendiğinde iç yapılarını meydana getiren dokuları görülür.

Mikroskopla muayene yapılabilmesi için parlatılmış iş parçasına ait örnek parçalar, kısa süreli bir dağlamadan sonra hazır hâle getirilir. Dağlamayı oluşturan asit ya da tuz çözeltisinin etkisiyle, bir kısım kristal doku çeşidi reaksiyona girerken diğer bir kısmı hiç etkilenmez. Böylece farklı biçimler oluşur. Dağlama maddesinin etkisiyle, bazı kristal çeşitleri üzerinde, kısmen renkli ayrışmalar meydana gelir.

Taşlanmış parçaların büyütülmüş şekilleri, dokunun kontrol edilmesine ve iş parçasının tekniğe uygun olarak ısıl işlem görmesini sağlar.

Elektron mikroskobu ile düzgün olmayan yüzeylerden 10.000 defaya kadar büyütülmüş derinlik boyutu olan resimler elde edilebilir. Böylelikle kırılma türü olaylar muayene edilebilir.

Resim 1.2: Mikroskop

- **İç yapı deneyleri**

Tahribatsız malzeme muayene yöntemleri malzemelerin dış yüzeyi üzerine uygulanır. Dolayısıyla malzeme iç yapısıyla ilgili sonuçlar elde edilemez. Oysa malzeme iç yapısında, üretimden kaynaklanan hataların olabileceği de bir gerçektir. Bunlar gaz boşlukları, çatlaklar ve yabancı madde kalıntıları olarak kendilerini gösterir. Malzeme hataları içinde en tehlikeli olanları iç yapıda oluşanlardır. Çünkü iç yapıda kaldıklarından ortaya sonradan çıkarabilecekleri aksaklıkları önceden kestirmek zordur.

Gerekli önlemler alınmadığı ve muayeneler yapılmadığı takdirde bu tür hatalı iş parçaları üretim ya da kullanım anında iş parçasının kırılmasına ya da kopmasına yol açar. Özellikle hayatî öneme sahip iş parçalarında, kopma ve kırılma gibi hataların oluşması telafisi güç sorunlar oluşturur. Tüm bu nedenler bir araya geldiğinde, malzeme iç yapısının muayenesinin önemi daha da ön plana çıkar.

Özellikle içyapıdaki hataların belirlenmesi malzemeye zarar vermeden yapılıyorsa tahribatsız muayene yöntemleri içinde ele alınır.

1.3. Penetran Sıvı İle Kontrol

Yüzey hatalarının tespitinde kullanılan bir yöntemdir. Muayene yüzeyine açık süreksizlikler, içine kapiler etki ile nüfuz etmiş olan penetran sıvısı geliştirici tarafından tekrar yüzeye çekilerek süreksizlik belirtileri elde edilir. Süreksizlikler çatlak türü ise çizgisel belirtiler, gözenek türü ise yuvarlak belirtiler elde edilir.

Endüstrideki metalik veya metalik olmayan bütün malzemelerde beklenen yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir.

Resim 1.3: Penetran testinde kullanılan soldan sağa doğru temizleyici sprey, penetran sprey ve geliştirici sprey

1.3.1. Temizleme

- **Kimyasal yol ile temizlik yapma**

Kimyasal olarak yüzey temizleyici spreyler ve sıvılar kullanılır. Resimde gösterilen temizleyici sprey, parça yüzeyindeki kalıntı ve yabancı maddeleri temizlemede kullanılır.

Resim1.4: Temizleme spreyi

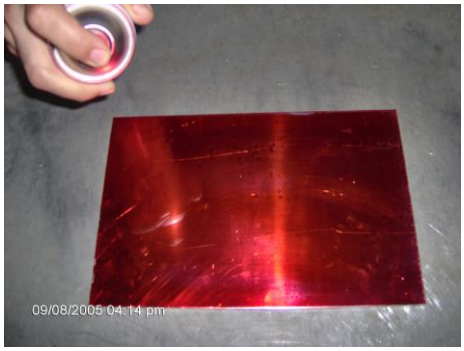
- **Mekanik yol ile temizlik yapma**

Muayene edilecek parça yüzeyini zımpara, fırça vb. gibi mekanik temizleme yapan aletlerle temizleme işlemine mekaniksel yolla temizlik yapma denir.

1.3.2. Penetran Sıvı Çeşitleri

- **Renkli penetran sıvılar**

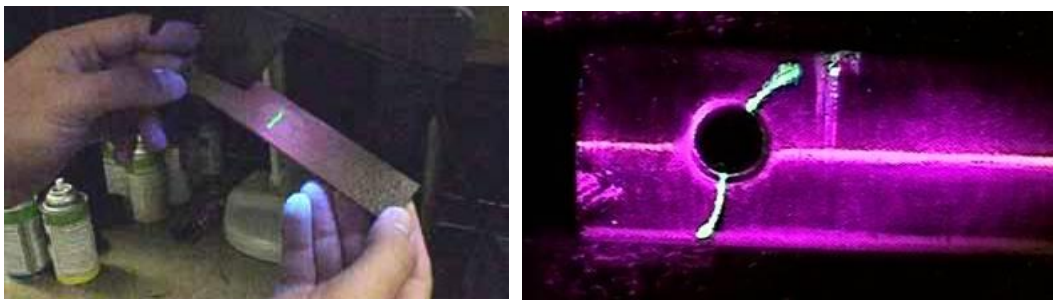
Genellikle penetran sıvılar kırmızı renklidir. Penetran (girici) sıvının özelliği yüzey çatlakları ve boşluklarına girebilmesidir.



Resim 1.5: Penetran spreyi

- **Flüoresan penetran sıvılar**

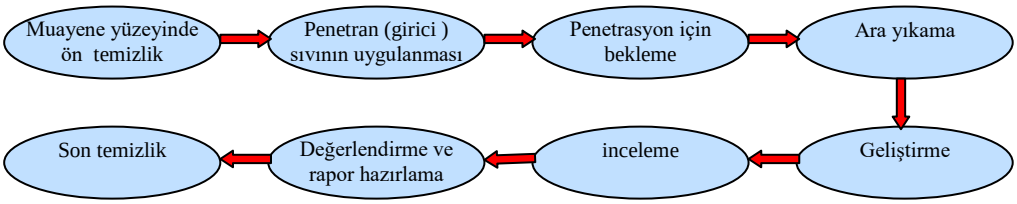
Flüoresan penetran (girici) sıvılar ultraviyole ışınları altında test yapılabilir özelliğe sahiptir.



Resim l.6: Flüoresan penetran (girici) sıvıyla ultraviyole ışınları altında yapılan test resimleri

1.3.3. Penetran Sıvının Uygulanması

Temizlenmiş muayene edilecek yüzeye penetran (girici) sıvı sürülür ve en az 5- 40 dakika arasında sıvının çatlak ve gözeneklere girmesi için beklenir.



Şekil 1.1: Penetran testi işlem sırası

Şekil 1.2: Ultraviole ışınları altında sıvı emdirerek yapılan muayenenin aşamaları

1.3.4. Ara Yıkama

Penetran sıvı uygulanan yüzey, temizleyici spreylerle veya sıvılarla temizlenir. Nemsiz bir bezle malzeme kurutulur.

Resim 1.7: Ara temizleme

- Ara yıkaması yapılmış parçanın yüzeyi emici toz ile sürülür. Toz, parçanın çatlak ve gözenekleri içine girmiş olan peneran sıvıyı emer. Bunun sonucunda varsa çatlak ve gözenekler ortaya çıkar.
- Ara yıkaması yapılmış parçanın yüzeyi emici sıvı (devaloper) sürülür. Kuru geliştiricilerdeki gibi çatlak ve gözenekleri ortaya çıkarır.
- Hataların değerlendirilmesi yüzeysel bir muayene yöntemi olduğu için gözle yapılır. Değerlendirmeyi yapacak kişi EN 1289 seviyesinde penetran sıvı testi sertifikasına sahip uzman olmalıdır.

1.4. Ultrasonik Kontrol

Yüksek frekanslı ses dalgalarıyla malzeme kontrol yöntemidir

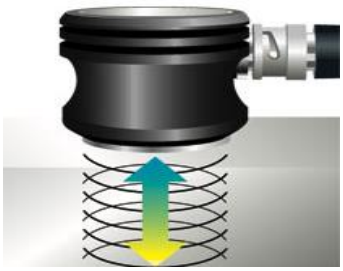
Malzeme içine gönderilen yüksek frekanslı ses dalgaları ses yolu üzerinde bir engele çarparlarsa yansır. Çarpma açısına bağlı olarak yansıyan sinyal alıcı başlığa (prop) gelebilir veya gelmeyebilir. Alıcı başlığa (prop) yansıyan sinyal, ultrasonik muayene cihazının ekranında dalga çizgileri (eko) oluşturur. Yankının konumuna göre yansıtıcının muayene parçası içindeki koordinatları hesaplanabilir. Ayrıca yankının yüksekliği de yansıtıcının büyüklüğü hakkında bir fikir verir. Yankı sinyalinin şekline bakımlarak yansıtıcının türü hakkında da bir yorum yapmak mümkün olabilir.

Resim 1.8: Ultrasonik laminasyon cihazı ile boru kontrol

Metalik veya metalik olmayan malzemelerde beklenen hacimsel hatalar ile çatlak türü yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir.

Yüksek frekanslı ses dalgaları piezoelektrik özelliği gösteren kuartz kristallerinin değişen bir akımm uygulanırsa kuartz kristallerinde mekanik titreşimler meydana gelir. Piezoelektrik özelliği olan malzemeye mekanik titreşim verilirse malzemeden elektrik akımmı doğar.

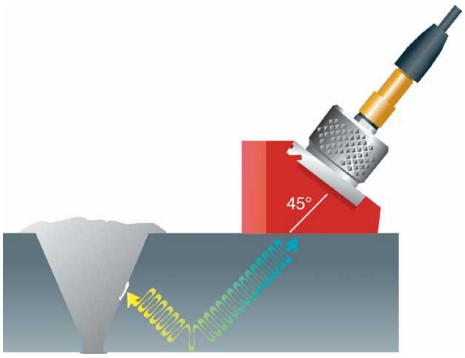
Piezoelektrik özellik, malzemelere verilen elektrik akımmı karşısında bu malzemelerde meydana gelen boyut değişmesi olayıdır.



Resim 1.9: Üretici ve algılayıcı cihaz (kombine prop)

1.4.1. Ultrasonik Muayene Yöntemi ve Kuralları

- **İletme yansıma yöntemi**

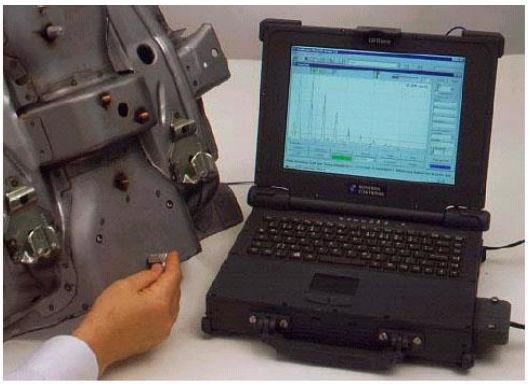


Resim 1.10: Propla kaynaklı parçanın hata tespiti

İletme ve yansıma metodu ile muayenesi yapılacak parçaya bir noktadan yüksek frekanslı ses dalgaları gönderilir. Bu dalgalar üretici başlık (prob) tarafından algılanarak osiloskop ekranında ekolar halinde görülür veya üretici başlığın verdiği ses dalgaları alıcı başlık tarafından yakalanarak yine osiloskop ekranında ekolar hâlinde görülür. Ekolara bakımlarak parçada hata bulunup bulunmadığı tespit edilir.

- **Rezonans metodu**

Rezonans yöntemi ile muayenede parça üzerine gönderilen frekans ses dalgaları sabit değildir. Malzemenin doğal frekansı ile vericiden gelen ses dalgalarının frekansı aynı olunca genişlik artar. Genişliğin artışı osiloskop ekranındaki ekoya bakarak dalga boyları arasındaki mesafeden anlaşılır. Bu yöntem paralel yüzeyli malzemelerin kalınlıklarının ölçülmesinde de kullanılır.

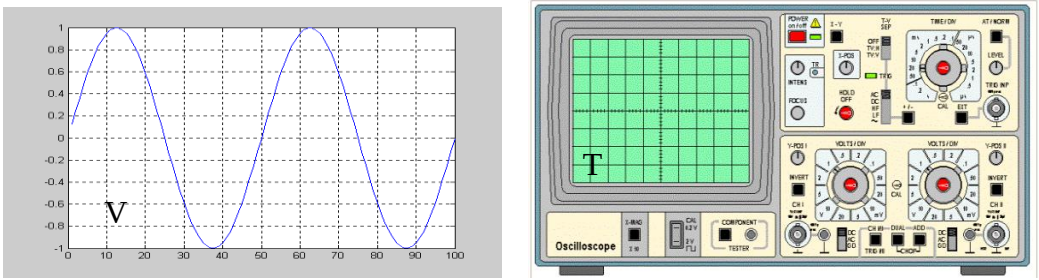


Resim 1.11: Direnç kaynaklı parçanın hata tespiti

1.4.2. Ultrasonik Kaynak Üreteci

1.4.2.1. Osiloskop Ekranını Tanıma

Sinüs, kare, testere dişi gibi sinyalleri üretebilen araç yardımıyla işaretleri, dalga şekli olarak görmemizi sağlayan cihaza osiloskop denir. Osiloskop ekranı Şekil 1.3'de görülmektedir. Osiloskop dikey eksen genliği (V), yatay eksende (T) periyodu ifade eder.



Şekil 1.3: Osiloskop ekranı

1.4.2.2. Ultrasonik Muayene Tekniklerinin Üstünlükleri

- Malzemedeki hataları üç boyutlu olarak tespit etmek mümkündür.
- Uygulama kolaylığı mevcuttur.
- Malzeme içerisindeki hataların tespitinde hassastır.
- Sarf malzemesi daha azdır.
- Özellikle kalın parçalarda, düzlemsel hataların daha duyarlı bir şekilde belirlenmesini sağlar.

1.5. Röntgen Işınlarıyla Kontrol

1.5.1. Radyografik Yöntemiyle Muayenenin Tanımı

Yüksek enerjili elektromanyetik dalgalar (ışınım) pek çok malzemeye nüfuz edebilir. Belli bir malzemeye nüfuz eden ışınım malzemenin diğer tarafına konan ışınıma duyarlı filmleri de etkileyebilir. Bu filmler daha sonra banyo işlemine tabi tutulduklarında ışınımın içinden geçen malzemenin iç kısmının görüntüsü ortaya çıkar. Bu görüntü, malzeme içindeki boşluklar veya kalınlık / yoğunluk değişiklikleri nedeniyle oluşur. Malzemenin içinin bu şekilde görüntülenmesi **radyografi** olarak adlandırılır. Bu yöntemle yapılan değerlendirmeye de **radyografik muayene** denir. Eğer malzemenin arka tarafına film yerine bir detektör konup malzemeden geçen ışınım toplanarak bir monitöre aktarılırsa bu teknik de **radyoskopi** olarak adlandırılır.

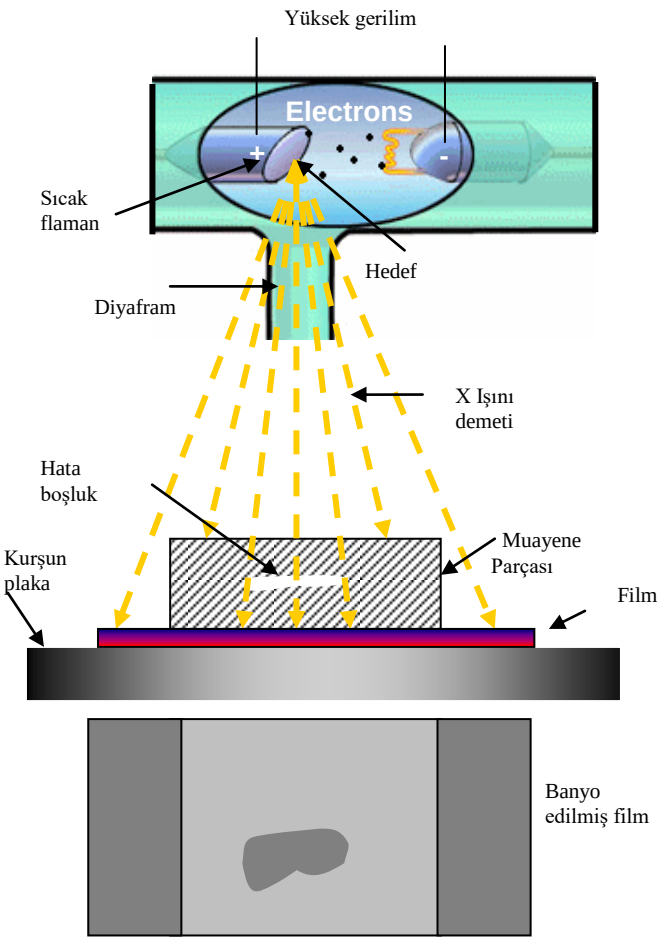
Muayenelerin sağlıklı ve güvenilir sonuçlar verebilmesi için standartlara göre yapılması gerekir. Bu standartlar malzeme cinsine ve/veya ürün türüne göre hazırlanmıştır.

Ayrıca muayenenin yapılışına yönelik uygulama standartları ile kabul edilebilir seviyelerinin verildiği uygulama standartları vardır. Muayene parçasının özelliklerine göre uygun standartlar belirlenerek muayene yapılır.

Metalik veya metalik olmayan bütün malzemelerde beklenen hacimsel ve yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir.

1.5.2. Radyografik Yöntemin Temel Kuralları ve Donanımı

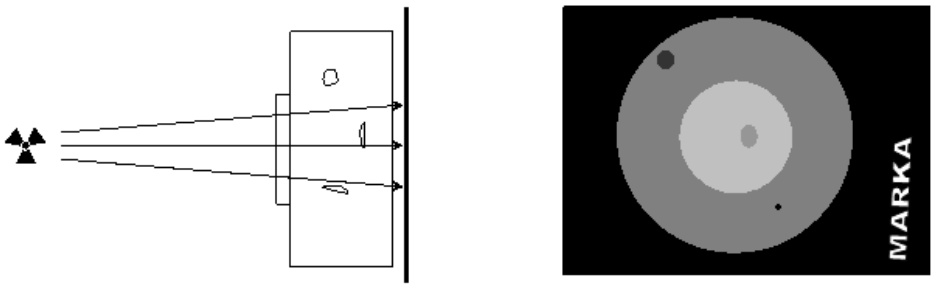
Işınım şiddetinin azalmasına üç temel değer etki eder: Işının kat ettiği malzemenin cinsi, kalınlığı ve kullanılan ışının dalga boyudur. Üniform şiddetli bir ışın demeti sabit kalınlıkta bir demir levha üzerine gönderildiğinde, levhanın diğer tarafında şiddeti daha zayıf ama yine üniform olan bir ışın demeti görülür.



Şekil 1.4: X ışını ile yapılan muayene

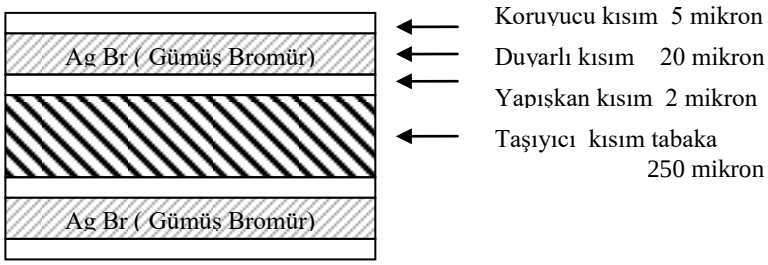
1.5.3. Radyografik Görüntü Oluşumu

Radyografik yöntemde görüntü oluşumu; muayene edilecek parçadan geçme özelliğine sahip ışınlar malzemeden geçişi sırasında zayıflamaktadır. Malzemedeki hatalardan dolayı ışınlar emilmeden geçer. Malzemenin hatasız olan kısmından geçen ışınlar emildiklerinden dolayı malzeme altına yerleştirilen filmde az etki bırakımrlar. Hatalı olan kısımdan emilmeden geçen ışınlar filmde daha fazla etki bırakmasıyla film üzerinde radyografik görüntü oluşur. Görüntü oluşumu Şekil 1.5'de gösterilmiştir.



Şekil 1.5: Hatalı parçanın radyografik görüntü oluşumu

Radyografik görüntünün oluştuğu filmlerin yapısı, her iki yüzeyi duyarlı olan simetrik bir yapıya sahiptir. Duyarlı tabakayı oluşturan Ag Br (Gümüş Bromür) büyüklüğü ve miktarı fotoğraf özelliğini belirtir. Yüzeydeki Ag Br miktarı artarsa belirli bir poz müddetinde daha çok kararma yani fotografik yoğunluk sağlanır.



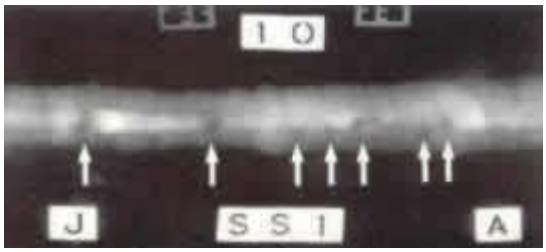
Şekil 1.6: Endüstriyel bir radyografik filmin yapısı

1.5.4. Muayene Sonunda Filme Bakarak Kaynak Hatalarını Tespiti

Muayene sonunda filme bakarak kaynak hataları Tablo 1.1'de verilen radyografik görüntülerine bakımlarak tespit edilir.

Hata	Tanım	Radyografik Görüntüsü
A. Gaz Boşlukları A2. Porozite	Yakalanan gazlardan dolayı oluşan boşluklardır. Yakalanan gazlardan dolayı oluşan uzun veya boru şeklinde boşluklardır.	Keskin siyah çevresi yuvarlak görüntüler Keskin siyah yuvarlak veya hatanın değişimine bağlı olarak uzun gölgeler
B. Curuf Ba. Değişik Şekillerde Bb. Curuf Hataları Bc. Kaynak Dikiş Tekniği Hataları Bd. Malzemenin Kötü Kesilmesinden	Kaynak dikişi sırasında yakalanan curuf veya diğer yabancı malzemelerdir. Yakalanan boşluklar içinde bulunan curuf veya yabancı maddedir. Kaynak dikişi sırasındaki tekniğin hatalarından oluşan cüruftur. Keski ile aşınmadan veya kötü şekillendirilmesinden dolayı oluşan cüruftur.	Koyu gölgeler veya gelişi güzel şekiller Kaynak dikiş kenarına paralel sürekli koyu çizgiler Kaynak dikişinin dışında keskin içinde düzgün olmayan iki paralel koyu çizgi
C. Birleşme Eksikliği	Kaynak malzemesi ile ana malzeme arasındaki kaynak dikişi sırasında birleşme eksikliğinden dolayı oluşan iki boyutlu hatadır.	Keskin kenarlı ince koyu çizgi
D. Kaynak Dikişi	Kaynak dikiş kökünde birleşme eksikliği veya kökün kaynak ile tam doldurulamamasıdır.	Kaynak dikişinin orta koyu sürekli veya kesikli çizgi
E. Çatlaklar Ea. Boyuna Çatlaklar Eb. Enine Çatlaklar	Metal içindeki kırıklardan oluşan kesiklerdir.	Düz ince koyu çizgi
F. Alt Oyuklar	Kaynak dikişi boyunca malzeme yüzünde oluşan kanal veya yivdir.	Kaynak dikişi boyunca geniş ve yayılan koyu çizgi

Tablo 1.1: Kaynak hataları tanımı ve radyografik görüntüleri



Resim 1.12: Bu radyografi filmindeki ok işaretli kaynakların kusurları göstermesi

1.6. Manyetik Kontrol

Manyetik kontrol, manyetik (mıknatıslanabilir) malzemelerden yapılmış parçanın yüzeyinde veya yüzeye yakımn bir yerde bulunan çatlak, boşluk, katmer, damar ve metalik olmayan yabancı maddelerin belirlenmesinde uygulanan tahribatsız muayene yöntemidir. Bu yöntemle ancak mıknatıslanabilen metal malzemelerin kontrolü yapılabilir.

Mıknatıslanabilen metaller periyodik sistemde üç değerli demir (Fe), nikel (Ni) ve kobalt (Co) elementleridir. Bu elementler manyetikleşebilme özelliğine sahiptir.

Manyetik kontrolü yapılacak malzeme önce özel bir düzenek yardımıyla mıknatıslandırılır. Mıknatıslanmış malzemenin yüzeyine ince toz halinde manyetik malzeme püskürtülür veya ince yağ içerisinde emülsiyon yapılmış demir tozu bulunan manyetik malzeme akımtılır. Manyetik akımnın kuvvet çizgileri boyunca demir tozları sıralanır. Malzemede hata varsa manyetik tozlar hatanın bulunduğu yerde kümelenir.

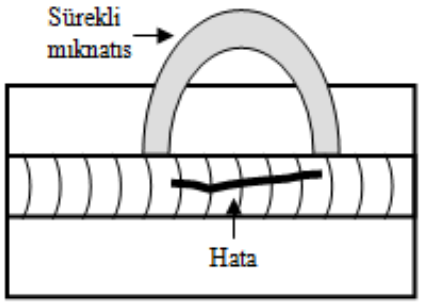
Manyetizasyon dalgalı ve doğru akımm olarak kullanılabilir. Dalgalı akım ile yapılan kontrollerde yüzey altındaki çatlaklar tespit edilemez. Bu yüzden doğru akımm üreten cihazlar yüzey altındaki çatlaklar da tespit edilebildiği için doğru akımm tercih edilir.

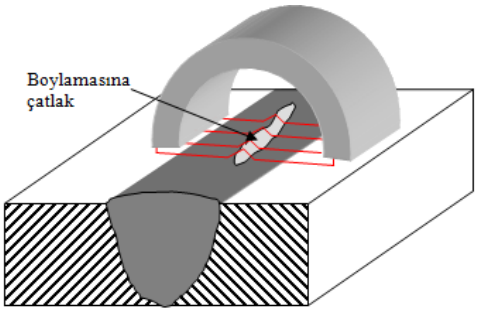
Manyetik kontrol yönteminde genellikle demir tozu ($Fe_3 O_4$) kullanılır. Dağılma bölgesinde toz parçacıkları köprü şeklinde çatlak üzerine yapışıp kalır ve hatanın yeri görülür.

1.6.1. Manyetizasyon Türleri

1.6.1.1. Çatallar (Sürekli Mıknatıslar)

Çatal sürekli mıknatıslar daha çok yüzey çatlaklarının belirlenmesinde kullanılır. Çatlağın manyetik akımm çizgilerine paralel olması hâlinde çatlağı görmek mümkün değildir. Bundan dolayı parçanın enine ve boyuna şekillerdeki gibi muayene edilmesi gerekir.



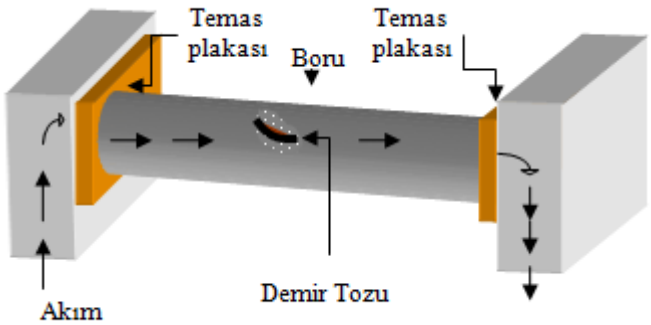


Şekil 1.7:Sürekli mıknatıs Şekil 1.8: Sürekli mıknatısla kaynak bölgesinin taranması

1.6.1.2. İçinden Akımm Geçen Merkezi Sistemler

Genellikli boru millerin manyetik tozla kontrol edilmesi amacıyla içinden akım verilen yöntemler tercih edilir. Akımm, temas plakaları arasına bağlanmış parçalara verilerek devre tamamlanır.

Parçanın içinden akım geçmesiyle manyetikleşmiş malzeme üzerine sürülen manyetik tozlar hatanın olduğu yerde kümelenir (Şekil 1.9'da görüldüğü gibi).



Şekil 1.9:İçinden akımm geçen deney cihazı

1.7. Basınçla Kontrol

Basınç altında çalışan kazan, boru ve vana üretiminin yapıldığı sektörlerde tahribatsız olarak basınçla kontrol yöntemi kullanılır. Üretilen her parçaya işletme basıncının en az 1,5 katı sıvı veya gaz basıncı belirli sürede uygulanması işlemi basınçla kontrol olarak tanımlanır. Kalitelere, çaplara ve et kalınlıklarına göre borulara uygulanan hidrostatik (sıvı basıncı) test basınçları aşağıda verilen formüle göre hesaplanır.

$$P = \frac{2000.S.t}{D}$$

P = Hidrostatik test basıncı (KPa)

S = Minimum gerilme kuvveti (MPa)

t = Et kalınlığı (mm)

D = Dış çap (mm)

Basınçlı hava ile küçük çaplı çelik borular, kazanların ve içi boş malzemelere muayenesi yapılabilir.

1.7.1.Basınçlı Hava Üreteçleri

Basınçlı hava üreteci olarak içinde yüksek basınç depo edebilen kompresörler, tanklar kullanılır. Bu üreteçler basıncı istenen değerde gönderen basınç ünitelerine sahiptir.

1.7.2. Basınçlı Hava Uygulama

Su havuzunun içine yerleştirilen boruların iki ucu kapatılır. Kapakların birinde boruya hava basıncı gönderilecek valf sistemi vardır. Bu sistemde borulara kullanma basınçlarının üzerinde hava basıncı uygulanır. Uygulanan basınçla hatalı bölgelerden kabarcık çıkmasıyla hatanın yeri tespit edilir.

1.7.3. Malzemeye Basınçlı Su Verme

Üretilen boru, kazan ve vanalara üretim yerinde hidrostatik (sıvı basıncı) testi uygulanır.

1.7.4. Malzemeyi Su Havuzuna Yerleştirme

Basınç testi yapılacak malzeme uygulanacak malzeme iki ağzı kapatan sistemde su havuzuna yerleştirilir. Yeterli görülen minimum test basınçları ASTM A53 standardına göre basınç uygulanır. Uygulana basınç isteğe göre belirtilen standarttan daha az olmamak kaydıyla yüksek basınçlarda da test edilebilir.

Uygulanan basınç türü sıvı ise hatanın olduğu yer parçada sızıntı şeklinde ortaya çıkar.

Uygulanan basınç türü hava veya gaz ise özel algılayıcı (separtörler) veya su havuzunda çıkan kabarcıkları yardımıyla hatanın yeri tespit edilir.

1.8. Malzemeyi Tahrip Ederek Yapılan Muayeneler

Malzemeyi tahrip ederek yapılan muayeneler, malzemenin kullanım anında karşılaşacakları yüklere ne tarzda tepki vereceğini önceden tespit edebilmek için yapılır. Genel olarak kullanım esnasında karşılaşılan yüklerin benzerleri muayene makinelerinde oluşturularak malzemelere uygulanır.

Böylece kullanırken karşılaşılacak yüklemelerin benzerleri oluşturulmuş olur. Malzemeler bu deneylerden olumlu neticeler verirse kullanım sırasında da sorun çıkarmayacağı sonucuna varılır.

Resim 1.13: Malzeme muayenesi

Malzemenin kullanım esnasında hangi güçler altında kaldıklarında kopacakları, bükülecekleri ya da kesileceklerinin belirlenmesi için yapılan kontroller olduğundan, malzemenin aynı şartlar altında denenmesi lüzumu vardır. Dolayısıyla malzemenin bu şartlara göstereceği tepkiler, malzemenin tahrip edilmesine sebep olur. Bu grup altında toplanan yöntemlerin malzemeyi tahrip ederek yapılanlar olarak bilinmesinin sebebi budur.

- ## Kıvılcım deneyi

Kıvılcım deneyi 1400 dev/dk. hızla dönen bir zımpara taşına çelik bir parça tutulduğu taktirde, zımpara yüzeyinde bulunan aşındıncı maddeler üzerinden parçalar kopmasına sebep olur. Bu parçacıklar ısınarak akkor hâline gelir. Kıvılcım olarak adlandırılan parçacıklar da bunlardır. Özellikle çelikte bulunan karbon, patlamalara; diğer alaşım elemanları ise değişik renkler ve şekiller oluşmasına neden olur. Bu kıvılcımlara bakılarak çeliğin iç yapısında ne oranda karbon ve alaşım elemanı bulunduğu, tecrübeli teknik elemanlar tarafından yaklaşık değerlerde belirlenebilir.

Kıvılcım deneyinden iyi bir netice alınabilmesi için deneyin yapıldığı ortamın loş ve deney parçalarının 10 mm çapında yuvarlak ya da kare kesitli olması önerilmektedir. Diğer yandan iş parçasının taşa bastırılmasının şiddeti de sonucu etkilemektedir. Genel olarak karbonlu çeliklerde, karbon miktarı artıkça kıvılcım boyu kısalmakta, buna karşılık patlamalar artmaktadır. Sade karbonlu çeliklerin meydana getirdiği kıvılcım rengi açık sarı olmaktadır. Katkılı çeliklerde ise kıvılcım şekli değişir. Renk portakal ya da kırmızıya dönüşür ve patlamalar azalır.

a-Dövme demir

b-İmalat çeliği

c-Karbonlu takım çeliği

d-Tavlanmış temper döküm

e-Kır dökme demir

f-Beyaz dökme demir

Sıra no.	Metal	Işik Huzme Hacmi	Huzmenin İzafi Uzunluğu (cm)
1 2 3	Dövme Demir İmalat Çeliği Karbonlu Takımm Çeliği	Geniş Geniş Orta Geniş	160 175
4 5 6	Kır Dökme Demir Beyaz Dökme Demir Tavlanmış Temper ökümü	Küçük Çok Küçük Orta	65 50 75
7 8 9	Hava Çeliği Manganezli Çelik Paslanmaz Çelik	Küçük Orta geniş Orta	150 115 125
10 11 12	Tungsten-Kromlu Kalıp Çeliği Nitrürlenmiş Nitralloy Stellit	Küçük Geniş (Kavisli) Çok Küçük	90 135 25
13 14 15	Sinterlenmiş Tungten Karbürü Nikel Bakımr, Sarı, Alüminyum	Fevkalade Küçük Çok Küçük Yok	

Tablo 1.2: Malzeme cinsine göre huzme boyu

Verilen huzme boyları 30 cm taşla elde edilenler olup bu değerler izafidir. Taşın cinsi, basınç vs. göre değişir.

g- Hava çeliği

h-Manganezli çelik

i-Paslanmaz çelik

j-Tungsten kromlu kalıp çeliği

k-Nitrürlenmiş nitralloy

l- Stellit

m- Sinterlenmiş tungsten karbürü

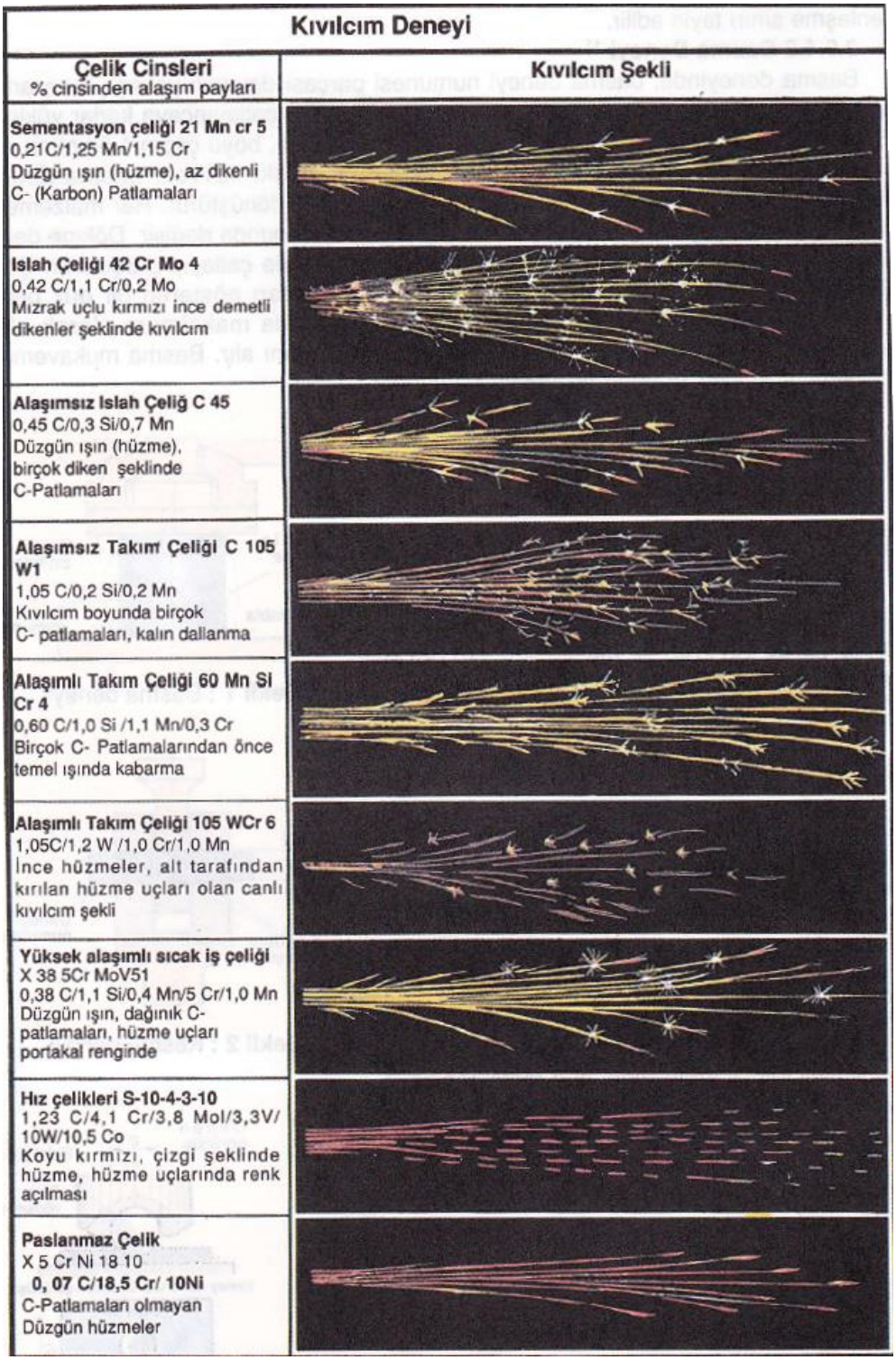
n-Nikel

Resim 1.14: Metallerin taşlanmasından meydana gelen kıvılcımların karakteristiği

Huzmenin Taşa Yakımn Kısmının Rengi	Huzme Uç Kısmının Rengi	Yıldız Patlama Miktarı	Yıldız Patlamalarının Rengi
Saman Rengi Beyaz Beyaz	Beyaz Beyaz Beyaz	Çok Az Az Pek Çok	Çatallı Çatallı Ince, Kendini Tekrarlayan
Kırmızı Kırmızı Kırmızı	Saman Rengi Saman Rengi Saman Rengi	Çok Az Çok	Ince, Kendini Tekrarlayan Ince, Kendini Tekrarlayan Ince, Kendini Tekrarlayan
Kırmızı Beyaz Saman Rengi	Saman Rengi Beyaz Beyaz	Fevkalade Az Çok Orta	Çatallı Ince, Kendini Tekrarlayan Çatallı
Kırmızı Beyaz Turuncu	Saman Rengi Beyaz Turuncu	Çok Orta Yok	Ince, Kendini Tekrarlayan Çatallı
Açık Turuncu Turuncu	Açık Turuncu Turuncu	Yok Yok	

Tablo 1.3: Malzeme cinsine göre huzme renk özellikleri

Çelik ve alaşımlarının iç yapısında sadece karbon bulunmadığı bir gerçektir. Alaşımı oluşturan her elementin ya da metalin, kıvılcım deneyi esnasında farklılıklar göstereceği de bilinmelidir. Kıvılcımın bu özelliğinden yararlanarak çelik iç yapısında bulunan ve karbon dışındaki alaşım elemanlarının tespitini yapmak da mümkündür.



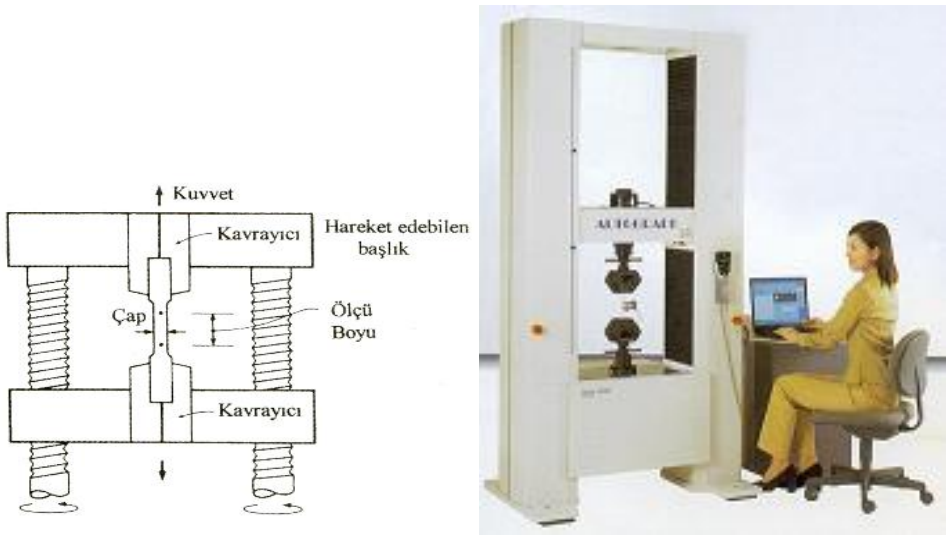
Resim 1.15: Kıvılcım muayenesi

➢ Çekme deneyi

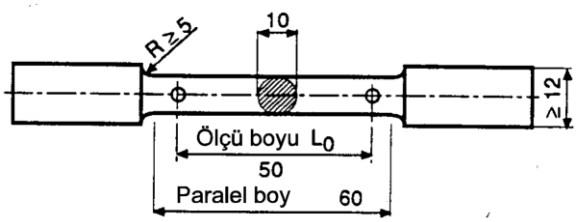
Çelikler, kullanılmaları sırasında değişik etkiler altında kalır. Bunlar iç ve dış etkiler olarak sıralanabilir. İç etkiler, ister parçanın kullanılma şartlarından (boru ve profiller vb.) olsun veya parçanın kendi yapısından olsun, malzemeyi şekil değiştirmek amacıyla zorlar. Dış etkiler ise tamamen malzemenin çevresinde oluşan kuvvetlerin malzemeye verdikleri dış kuvvetlerdir. Bu kuvvetler bazen basılmaya, bazen de kesilmeye karşı parçayı zorlar. Malzemelerin dış etkilere karşı dayanımını belirleyen, bir ölçü de uzamaya, diğer bir deyişle çekmeye karşı gösterdiği dirençtir.

Parçanın çekmeye karşı gösterdiği dayanımı ölçmek için yapılan muayeneye "çekme deneyi" veya "çekme muayenesi" denir.

Resim 1.16: Çekme deney makinesi



Resim 1.17: Çekme deneyi test cihazları



d_0= Numunenin çapı

D= Baş kısmının çapı
h= Baş kısmının uzunluğu
L_0= Ölçü uzunluğu
L_v= İnceltilmiş kısmın uzunluğu
L_t= Numunenin toplam uzunluğu

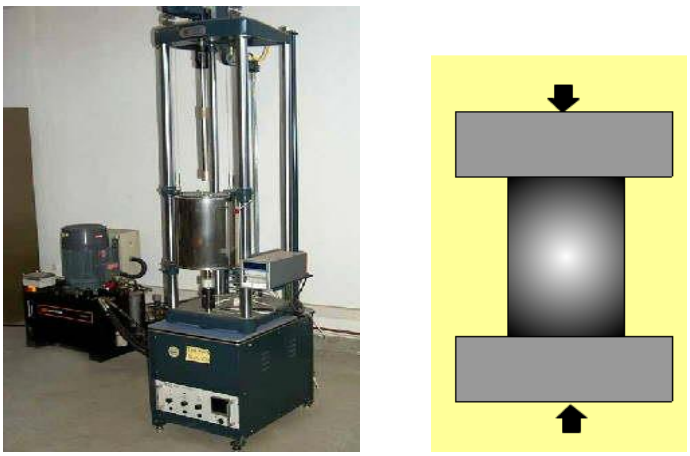
DO (MM)	D (MM)	H (MM)	LO (MM)	LV (MM)	LT (MM)
6	8	25	30	36	95
8	10	30	40	48	115
10	12	35	40	60	140
12	15	40	50	72	160
14	17	45	70	84	180
16	20	50	80	96	205
18	22	55	90	108	230
20	24	60	100	120	250
25	30	70	125	150	300

Tablo 1.4: Yuvarlak kesitli malzeme normu

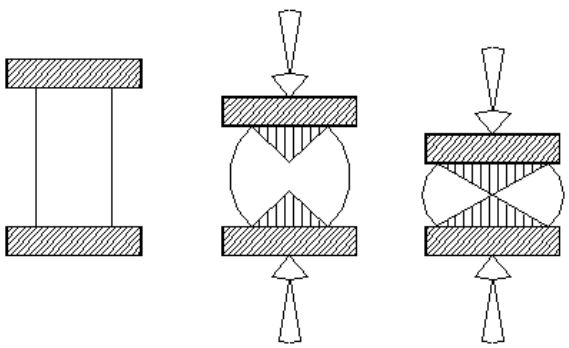
➢ Basma deneyi

Basma deneyi yapılacak malzemeden örnek bir parça alınır. Genel olarak örnek parçanın ölçüleri 10 mm ila 30 mm çapında, boyu çapının 1,5 katı olan silindiriktir**.**

Numune parçaya devamlı ancak yavaş yavaş artan bir basma kuvveti uygulanır. Kuvvet uygulaması, numune parça yırtılıncaya ya da çatlayıncaya kadar sürdürülür. İlk başlarda baskı kuvveti numune parçanın biçimini bir fıçıya benzer görünüme dönüştürür. Her malzemeye göre numune parçanın deney esnasında görünümü değişir. Dökme demir gibi gevrek, sert malzemeler daha büyük parçalar hâlinde çatlayıp parçalanır. Çelik türü, yoğrulabilir malzemeler kuvvet yönündeki çatlakları gösteren bir düz plaka oluncaya kadar ezilir. Numune parçada en yüksek olarak elde edilebilen basma gerilmesi, "basma dayanımı" adını alır.



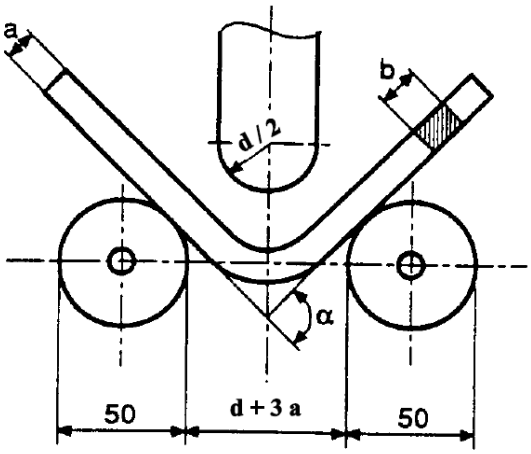
Resim 1.18: Basma deney makinesi



a) Basma kuvveti yok. **b) Uygulanan kuvvetin etkisiyle fıçılaşmanın ilk aşaması** **c) Fıçılaşmanın tamamlanması**

Şekil 1.10: Basma deneyi uygulanan bir sünek malzemede oluşan fıçılaşma

➢ Bükme deneyi



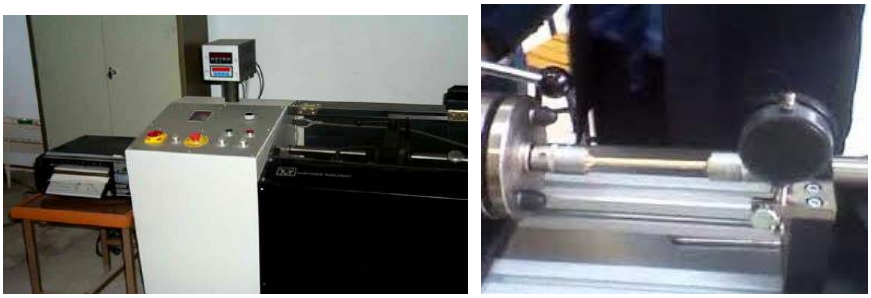
Resim 1.19: Bükme deney makinesi

Bu deneyin amacı malzemenin soğuk durumda çatlamadan katlanabildiğini ya da katlanamadığını tespit etmektir. Numune deney parçası, belirli çaptaki bükme parçası yardımıyla iki yuvarlatılmış dayanak arasından basılarak katlanır. Numune parçanın alt kenarlarında çekme gerilmeleri oluşur. Belirli bir bükme açısından sonra bu kenarlar üzerinde çatlamalar meydana gelir. Malzemenin zorlanma miktarı, bükme eğme parçası çapı ile de ayarlanabilir.

Bükme parçasının çapı ne kadar küçük ise o kadar kolay çekme çatlamaları meydana gelir.

➢ Burulma deneyi

Burulma deneyinde, deney parçası olarak silindirik bir parça kullanılır. Deney parçasının bir ucu sabit bir çeneye bağlanır. Diğer uç ise ekseni üzerinde döndürülür. Böylece malzemenin molekülleri birbiri yüzeyinde kayarak hareket etmeye zorlanır. Deney parçası, çekme deneyinde olduğu gibi belli bir noktaya kadar **elastikli**k gösterir. Parçaya uygulanan kuvvetin artırılmasıyla elastiklik sınırı aşıldığında, burulmada şekil değişikliği meydana gelir.



Resim 1.20: Burulma deney makinası

Burulma sonucunda meydana gelen kalıcı şekil değişikliğinin olmaması için malzeme moleküllerinin direnç göstermesi gerekmektedir. Moleküllerin göstermiş olduğu direnç ölçüsüne, **kayma modülü** adı verilir ve G harfiyle simgelendirilmiştir. Malzemenin burulmaya karşı gösterdiği direnç, burulma deney aleti üzerinde (N/mm^2 cinsinden) okunur. Makine üretiminde kullanılan çeliklerin kayma modülü 80 000 N/mm^2 olarak dökme demir türlerinde ise 30000-68000 N/mm2 olarak belirlenmiştir.

- **Kesme deneyi**

Kesme deneyinde silindirik bir numune parçayı, bir kesme deney tertibatında yavaş yavaş büyüyen bir makaslama kuvveti ile kesme etkisine maruz kalıncaya kadar yüklenir. Maksimum kuvvet ölçülür ve buradan kesme dayanımı bulunur.

Resim 1.21: Kesme deney makinesi

- **Kopma deneyi**

Deney parçasının kopuncaya kadar yüklendiği muayenelerde iki zıt davranış görülür:

- Deney parçası gözle görülebilir bir plastik şekil değiştirmeye uğramadan aniden kopar. Buna "ayrılma kopması" adı verilir. Bu tip kopma gevrek malzemenin tanıtıcı özelliğidir.
- Deney parçası ilk önce kuvvetli olarak plastik şekil değiştirdikten sonra kopar. Bu kopmaya," şekil değiştirerek kopma" adı verilir. Sünek malzemelerin tanıtıcı özelliği bu tür kopmadır.

Birçok malzeme bu iki zıt durumun arasında yer alan bir davranış gösterir. Buna "karışık kopma" adı verilir.

Resim 1.22: Kopma deney makinasi

1.9. Malzeme Muayene Safhaları

Kaliteli üretim yapmanın ön şartı, müşteri ihtiyaçlarına cevap verecek nitelikte üretim yapmaktır. Bunun gerçekleşmesi, ham malzeme alımından, yapılmış ürünün teslimine kadar geçen çalışmalarda, malzemenin gerekli kontrollerinin yapılmasına bağlıdır. Bundan ötürü, malzeme muayene safhaları ham malzemenin işleme özellikleri ve mamul parçaların muayenesi şeklinde sınıflandınlmıştır.

Resim 1.23: Malzeme muayenesi

➢ Ham malzemenin muayenesi

Malzeme muayenesinin amaçlarından biri malzemenin garanti edilmiş özelliklere sahip olup olmadığının kontrolüdür. Bu amacın gerçekleşmesi için malzemeler, ham hâldeyken muayene edilir. Böylece malzemede, üreticisi firmalann garanti ettiği özelliklerin var olup olmadığı test edilmiş olur. Malzeme gerekli şartları taşıyor ise üretimde kullanılır.

- **İşleme özelliklerinin muayenesi (Teknolojik muayene)**

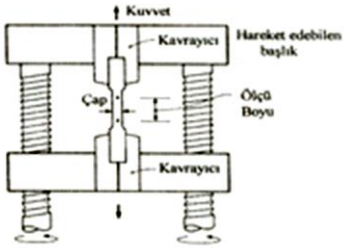
Bu grup içinde toplanan muayeneler ile, işleme özellikleri taklit edilerek malzemenin ya da yarı mamulün işlemlere çatlamadan dayanabilmesi tespit edilir. Genellikle basit uzunluk ölçüsü dışında ölçme yapılmaz. Teknolojik muayeneler, katlama deneyi, sac ve bantların çökertme deneyi ve alından su verme (Jominy) deneyidir.

- **Mamul Parçaların Muayenesi**

Malzeme muayenesinin amacı hatalı ham döküm ya da dövme parçaların ve yan mamulleri yerine montaj edilmeden önce ayırmaktır. Her ne kadar malzeme işlenmeden önce çeşitli muayene safhalarından geçiriliyorsa da işlemler esnasında meydana gelecek olan hataların tespiti için mamul malzemenin muayenesi de gerekir. Bunların yanında ayrıca, hatalı ısıl işlem (yanlış sertleştirme derinliği) gibi hatalar da görülür. Mamul parçaların muayenesi, öncelikli olarak tahribatsız yöntemlerden biri seçilerek yapılır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Size verilen deney numunesinde aşağıdaki uygulama faaliyetlerini takip ederek çekme deneyini gerçekleştiriniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Deney çubuğunu cihaza bağlayınız.  ➢ Cihazın ana şalterini açınız. ➢ Çekme cihazına hassas uzamayı ölçen ekstensometreyi takımnız. ➢ Malzemeye 200-300 kg ön yük uygulayınız. ➢ Kuvvet uygulanırken malzemedeki orantı noktasını tespit ediniz. ➢ Aşağıdaki tablolardan gerilme-uzama diyagramından elastikiyet sınırını tespit ediniz.	➢ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz. ➢ Kullandığınız makineyi temiz tutunuz. ➢ Meslek ahlak kurallarına uyunuz. ➢ Çalışırken dikkatli olunuz. ➢ Zamanı iyi kullanınız. ➢ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

do (mm)	D (mm)	h (mm)	Lo (mm)	Lv (mm)	Lt (mm)
6	8	25	30	36	95
8	10	30	40	48	115
10	12	35	40	60	140
12	15	40	50	72	160
14	17	45	70	84	180
16	20	50	80	96	205
18	22	55	90	108	230
20	24	60	100	120	250
25	30	70	125	150	300

Yuvarlak kesitli malzeme normu

a (mm)	b (mm)	B (mm)	h (mm)	Lo (mm)	Lv (mm)	Lt (mm)
5	10	15	30	40	50	140
5	16	22	30	50	65	155
6	20	27	50	60	80	210
7	22	29	50	70	90	220
8	25	33	60	80	105	260
10	25	33	60	90	115	275
12	26	34	70	100	125	300
15	30	40	70	120	150	325
18	30	40	70	130	160	335

Kalın levhalar ve yassı malzeme normu (TS 138)

- Elastikiyet noktasından sonra kuvvet uygulamaya devam ediniz ve akma sınırını tespit ediniz.
- Gerilme uygulamaya devam ederek maksimum çekme ve kopma noktasını bulunuz.
- Ekstensometreden değeri okuyunuz.
- Cihazın boşaltma vanasını açarak basıncı düşürüp motoru durdurunuz.
- Kopan parçaları alınız.
- Cihazın ana şalterini kapatınız.
- Malzemenin % uzamasını hesaplayınız.
- Malzemenin % kesit daralmasını hesaplayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Deney çubuğunu cihaza bağladınız mı?		
2.	Cihazın ana şalterini açtınız mı?		
3.	Çekme cihazına hassas uzamayı ölçen ekstensometreyi taktınız mı?		
4.	Malzemeye 200-300 kg ön yük uyguladınız mı?		
5.	Kuvvet uygulanırken malzemedeki orantı noktasını tespit ettiniz mi?		
6.	Tablolardan gerilme-uzama diyagramından elastikiyet sınırını tespit ettiniz mi?		
7.	Elastikiyet noktasından sonra kuvvet uygulamaya devam ediniz ve akma sınırını tespit ettiniz mi?		
8.	Gerilme uygulamaya devam ederek maksimum çekme ve kopma noktasını buldunuz mu?		
9.	Ekstensometreden değeri okudunuz mu?		
10.	Cihazın boşaltma vanasını açarak basıncı düşürüp motoru durdurdunuz mu?		
11.	Kopan parçaları aldınız mı?		
12.	Cihazın ana şalterini kapattınız mı?		
13.	Malzemenin % uzamasını hesapladınız mı?		
14.	Malzemenin % kesit daralmasını hesapladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme" ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Malzeme muayenesinde aşağıdaki özelliklerden hangisine bakılmalıdır?

A) Muayene yöntemine
B) Parlaklığına
C) Malzemelerin garanti edilmiş özelliklerine
D) Rengine

2. Aşağıdakilerden hangisi yarı mamul ve bitmiş iş parçalarındaki hataların (çatlaklar, boşluklar, katmerler) belirlenmesine yarar?

A) Tahribatsız muayene
B) Tahribatlı muayene
C) Çekme muayenesi
D) Sertlik ölçme

3. Muayene yöntemi belirlenirken öncelikle dikkate alınması gereken nedir?
A) Malzemenin sağlam olması
B) Tahribatsız muayene yapılabilirliği
C) İstenilenleri karşılaması
D) İçindeki karbon miktarı

4. Bir amacı gerçekleştirmek için kullanılan maddelere ……..denir?
A) Alaşım
B) Bileşik
C) Element
D) Malzeme

5. Maliyet açısından en düşük olan muayene çeşidi hangisidir?
A) Mikroskopla muyene
B) Gözle muayene
C) Çekme muayenesi
D) Kıvılcım muayenesi

6. Aşağıdakilerden hangisi malzeme muayenesinde ele alınan ana özelliklerdendir?
A) Malzemelerin garanti edilmiş özelliklerine ait muayene
B) Malzemelerin işlenme özelliklerine ait muayene (teknolojik muayene)
C) İç yapının ve kimyasal bileşenlerin muayenesi
D) Hepsi

7. Malzeme hataları içinde en tehlikeli olan hangi tür hatalardır?
   A) Fazla sert olanlar
   B) Uzama miktarı fazla olanlar
   C) Kesme dayanımı düşük olanlar
   D) İç yapı hataları

8. Kıvılcım deneyinden iyi bir netice alınabilmesi için, deneyin yapıldığı ortamın ……. ve deney parçalarının ……. mm çapında …….. ya da …….. kesitli olması önerilmektedir.
   A)Aydınlık - 5 - düz – ince
   B) Loş - 10 - yuvarlak– kare
   C) Karanlık - 10 - düz – kare
   D) Aydınlık - 10 - yuvarlak – ince

9. "Genel olarak kullanım esnasında karşılaşılan yüklerin benzerleri muayene makinelerinde oluşturularak malzemelere uygulanır."
   Yukarıda bahsedilen muayene yöntemi hangisidir?
   A)Tahribatlı muayene
   B) Tahribatsız muayene
   C) Elektron mikroskobuyla muayene
   D) Sıvı emdirerek yapılan muayene

10. Deney parçası gözle görülebilir bir plastik şekil değiştirmeye uğramadan aniden kopar. Buna ayrılma kopması adı verilir. Bu tip kopma hangi malzemenin tanıtıcı özelliğidir?
   A) Sünek
   B) Sert
   C) Gevrek
   D) Yumuşak

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

AMAÇ

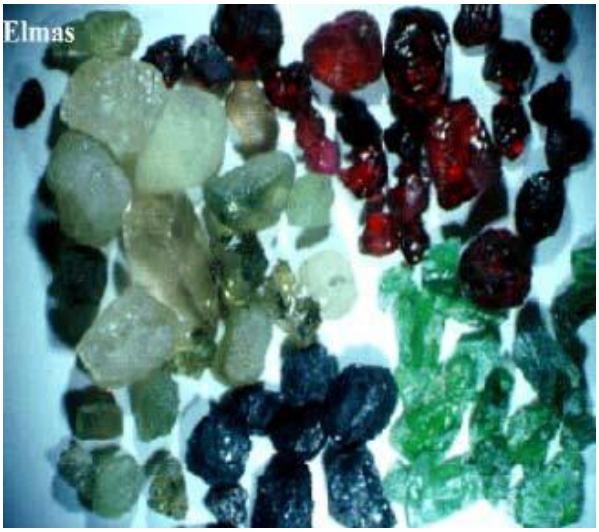
Makine parçalarının sertlik ölçme işlemini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Organize sanayide makine parçaları imal eden iş yerlerine giderek imalat esnasında yapılması gereken kontroller ve kesicileri seçme konularında bilgi edininiz

2. SERTLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Sertlik: Herhangi bir malzemenin, kendisine batmak isteyen daha sert bir malzemeye gösterdiği dirence denir. Tabiatta ki malzemelerin sertlikleri farklılıklar gösterir. Bilinen en sert maden elmas olup çelik orta sertlikte bir malzeme olarak karşımıza çıkar.



Resim 2.1: Tabiattaki en sert maden elmas

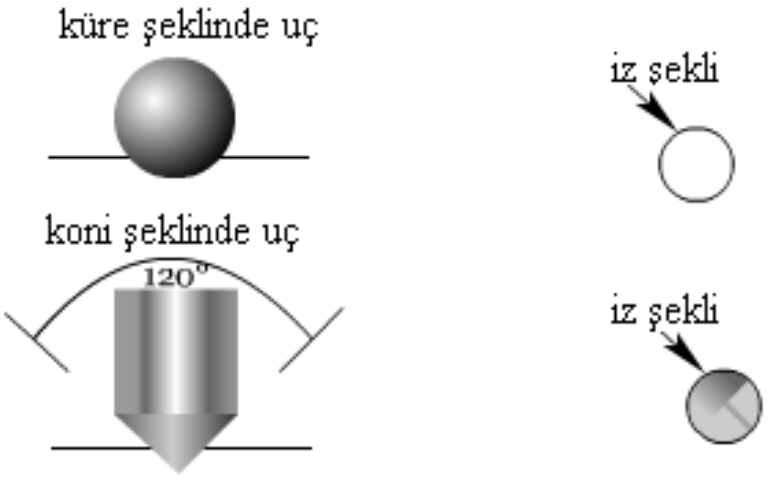
Bütün metallerde ve özellikle çelikte sertlik, soğuk sertleştirme ve ısıl işlem sonucu geniş sınırlar içerisinde değişir. Bunun tersi olarak sertlik değerlerinden, malzemenin iç yapı durumu hakkında sonuçlar çıkarılabilir. Bu sebeplerden ötürü sertlik muayeneleri, çok uygulanır. Bu muayene özel bir numune hazırlanmasına gerek göstermeden malzeme parçası üzerinde yapılabilir.

2.1. Statik Sertlik Ölçme Yönteleri

2.1.1. Rockwell Sertlik Ölçme

Bu yöntemde sertlik, yükün iz yüzeyinki derinliğinden bulunur. İz derinliği ve sertlik değeri bir derinlik ölçme aletinden (derinlik saati) okunabilir. Bu yönüyle kısa sürede sertlik ölçümü değerlerine ulaşmak mümkün olup istendiğinde işlem otomatikleştirilebilir.

Rockwell (rokvel) sertlik ölçme yönteminde batıcı uç olarak tepe açısı 120° olan basık elmas konik ya da 1,59 mm çapındaki çelik bilye kullanılır. Kullanılan batıcı ucun türü, yöntemin simgesinde belirtilir. Elmas uç kullanıldığında yöntem HRC ve HRA olarak ifade edilir. Çelik bilyede ise HRB ve HRF ifadeleri kullanılır. Bunlar arasındaki fark deney esnasında uygulanan kuvvet değerlerinden kaynaklanmaktadır.

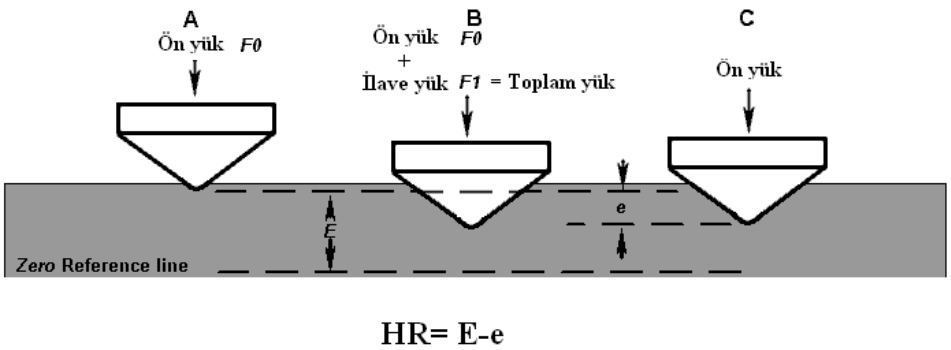


Şekil 2.1: Rockwell sertlik ölçme uçları

Rockwell ölçme işlemi dört kademede yapılır. Ancak işleme başlamadan önce ölçümü yapılacak malzemenin ölçme cihazına konulduğu yüzeyin (basma tepsisi) temiz olmasına ve parça yüzeyinin yükleme yönüne dik olmasına dikkat edilmelidir. Bunlar sağlandıktan sonra ölçme işlemine başlanır.

Resim 2.2: Rockwell cihazı

Batıcı uç, muayene ön yüküyle ölçüm yapılacak parça üzerine tesir eder ve bu durumda ölçü saati sıfıra ayarlanır. Böylelikle ölçü başlangıcı elde edilerek ölçü aleti ile temas hâlinde olan yüzeyin ve ölçü aletinin toleranslarının etkisi ortadan kaldırılır.



$$HR = E - e$$

Şekil 2.2: Koni ucun malzemeye batması

Basma tepsisi, üzerindeki malzeme ile birlikte döndürülerek yükseltilir. Bu yükseltme, işlemi malzeme batıcı uca değip ucu yükselterek ölçme saatini sıfıra getirene kadar devam edilir. Ölçme aletleri, bu durumda, bir manivela sistemi üzerinden batıcı uca muayene ön yükü etki edecek şekilde ayarlanmıştır.

Batıcı ucun malzeme içerisine batmasını sağlayacak muayene yükü etki ettirilir. Ölçme saati üzerinden bu durum takip edilir. İbre sakin duruma geldiğinde, ölçme saati iz derinliğini gösterir. İz derinliği üç parçadan oluşur:

- Malzemenin plastik şekil değişimi
- Malzemenin elastik şekil değişimi
- Cihazın (tepsi ayağının yaylanması) elastik şekil değişimi

Muayene yükünün kaldırılması sonucunda, batıcı uç muayene ön yükünün tesiriyle belirli bir miktar gömülü kalır. Ölçme saatinde batıcı ucun biraz yükseldiği görülür. Elastik şekil değişmeleri eski hâline döner, ölçme saati bu anda sadece kalıcı iz derinliğini gösterir.

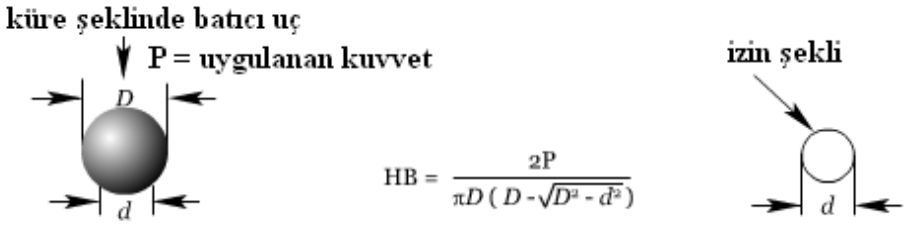
İz derinliğine ait uzunluk ölçülerinin karşılığı olan Rockwell sertlik değerleri skala üzerinde gösterildiği için sertlik doğrudan doğruya okunur.

Skala	Batıcı uç	Ön yük *F0* *(kp)*	Büyük Yük *Fi* *(kp)*	Toplam Yük *F* *(kp)*	E
A	Elmas koni	10	50	60	100
B	1/16 inç çelik bilya	10	90	100	130
C	Elmas koni	10	140	150	100
D	Elmas koni	10	90	100	100
E	1/8 inç çelik bilya	10	90	100	130
F	1/16 inç çelik bilya	10	50	60	130
G	1/16 inç çelik bilya	10	140	150	130
H	1/8 inç çelik bilya	10	50	60	130
K	1/8 inç çelik bilya	10	140	150	130
L	1/4inç çelik bilya	10	50	60	130
M	1/4 inç çelik bilya	10	90	100	130
P	1/4 inç çelik bilya	10	140	150	130
R	1/2 inç çelik bilya	10	50	60	130
S	1/2 inç çelik bilya	10	90	100	130
V	1/2 inç çelik bilya	10	140	150	130

Tablo: 2.1

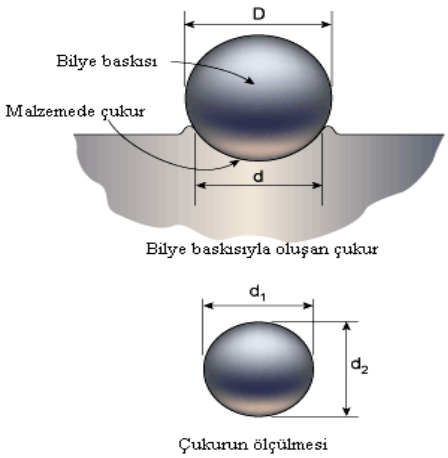
2.1.2. Brinell Sertlik Ölçme Yöntemi

Hassas olmayan ve ucuz batıcı uç olarak sertleştirilmiş çelikten taşlanarak yapılmış küreler (bilyeler) kullanılır. 400 HB'nin üzerinde sertliğe sahip malzemelerde sinterlenmiş küreler önerilir.



D = küre çapı (mm)
d = iz çapı (mm)

Resim 2.3-a

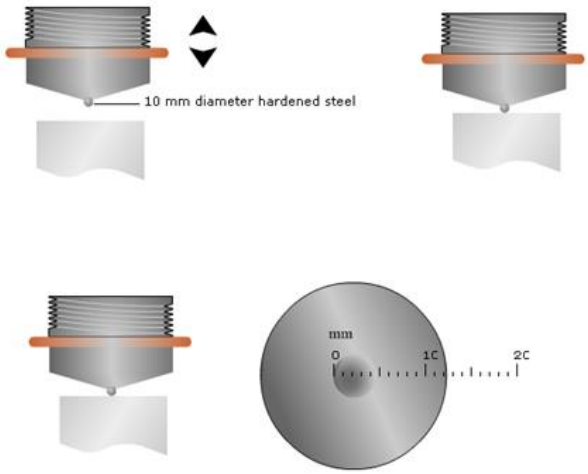


Resim 2.3-b

Resim 2.3: Brinell sertlik ölçme bilyesi

Bilye üzerine bir zaman dilimi içerisinde uygulanan ağırlıkla malzeme üzerinde küresel bir iz meydana getirilir. Malzemenin sertlik ya da yumuşaklığına bağlı olarak meydana gelen iz de büyük ya da küçük çaplı olur. Sertliği ölçebilmek için önce iz alanı bulunur.

Brinell Cihazı



Resim 2.4: Brinell cihazı

Yük derecesi $\frac{0.102F}{D^2}$ **N** $\frac{F}{D^2}$ **kp**	**30**	**10**	**5**	**2,5**	**1,25**
Kullanım aralığı HB	67-450	22-315	11-158	6-78	3-39
HB sertlik yönteminin kullanıldığı malzemeler	**Demir esaslı malzemeler ve yüksek dayançlı alaşımlar**	**Demir Dışı Metaller**			
	-yumuşak çelik -çelik -dökme çelik -temper döküm -titanyum alaşımları -Ni ve Co alaşımları	-hafif metaller -döküm alaşımları -bakır -pirinç -bronz -nikel	-saf alüminyum -magnezyum -çinko -dökme pirinç	-yatak malzemeleri	-kurşun -kalay -yumuşak metaller

Tablo: 2.2

Deney yükü seçim tablosu

Bilya çapı D (mm)	Deney yükü F/D² yük derecesi kp olarak				
	30	10	5	2,5	1,25
10	3000	1000	500	250	125
5	750	250	125	62,5	31,25
2,5	187,5	62,5	31,25	15,625	7,8125
1	30	10	5	2,5	1,25

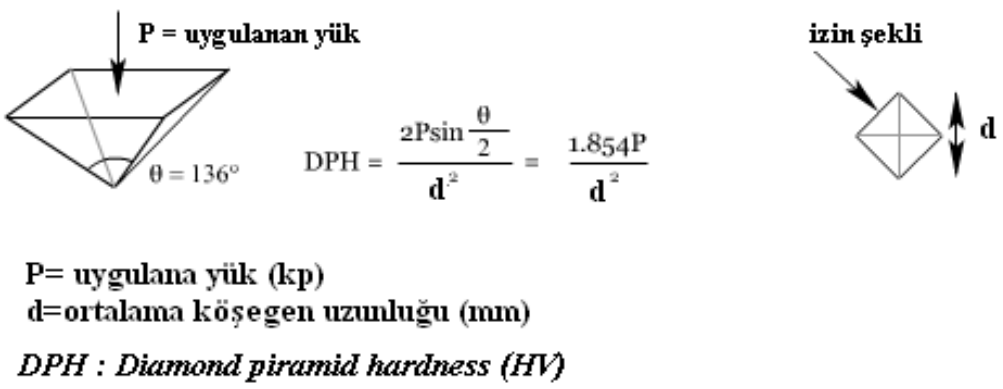
Tablo: 2.3

Ölçülen değerler ancak muayene yükü ve küre çapının karesi arasında sabit bir oran varsa karşılaştırılabilr. Bu orana *"yükleme derecesi"* adı verilir.

Daha sonra da uygulanan ağırlık, bu iz alanına bölünerek sertlik değerlerine ulaşılır. Kullanılacak kürenin çapı muayene edilecek malzemenin kalınlığına ve şekline göre ayarlanır. Çapın büyüklüğü bu özelliklere dayanılarak diyagramlardan okunur.

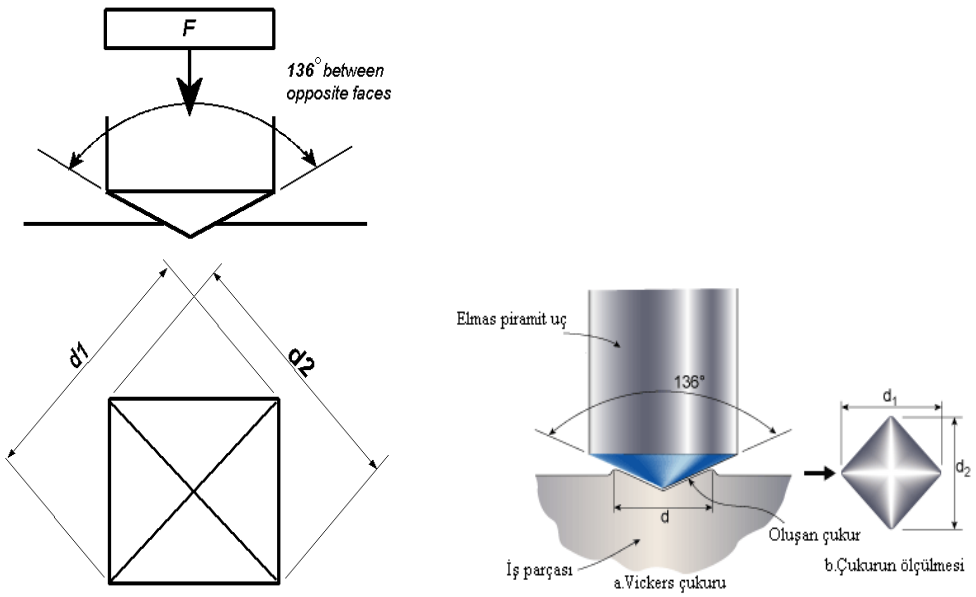
2.1.3. Vickers Sertlik Ölçme Yöntemi

En sert malzemeler ve sinterlenmiş sert malzemeler de aralarında olmak üzere, her sertlik derecesindeki maddelerin sertlik muayenesi bu yöntem ile gerçekleştirilebilir. Bu yöntemde batıcı uç olarak elmastan yapılmış basık dörtkenarlı bir piramit kullanılır. Batıcı uç, Brinell sertlik ölçümünde kullanılan uca göre (özellikle darbelere karşı daha hassas olduğundan) kaba işletme şartlarına daha az uygundur. Buna karşılık en sert maddeleri bile muayene etmek mümkündür.



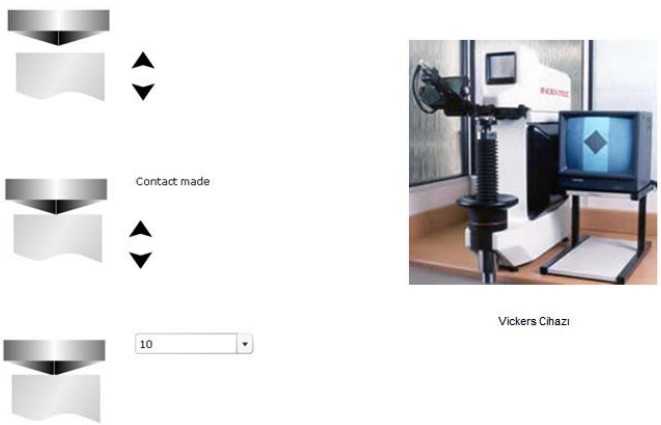
Şekil 2.3: Vickers elmas piramit uç

Batıcı uç (uç açısı 136°), geometrik olarak benzer izler meydana getirir. Meydana gelen piramit izin köşegenleri (d) ölçülür. Örnek parçalar üzerinde meydana getirilen iz üzerinde d köşegeninin uzunluğu, genellikle iki köşegenin ortalaması olarak ölçülür. Bu nedenle 98 ila 980 N arasında muayene yükünün sertlik değerine bir etkisi yoktur.



Resim 2.5: Malzemede meydana gelen iz

Tercih edilen muayene yükleri (standartlara göre) 4998-196-294-490-980 N'dur. Yük, darbesiz olarak yaklaşık 5 saniye içinde en yüksek değere ulaşmalı ve 10-15 saniye etki etmelidir.



Resim 2.6: Vickers cihazı

Muayene yüzeyi çok küçük ya da ince olan örnek parçalar için (sert yüzey tabakaları) ya da çok az tahrip edilmesi istenilen parçalarda daha küçük yükler standartlaştırılmıştır. Bu yükler 1,96 N ile 49 N arasındadır.

Vickers sertlik ölçüm yöntemi, en doğru değerleri verir. Diğer yandan en geniş ölçme aralığına sahiptir. Jrek kristaller üzerindeki sertlik ölçümlerinde bile bu yöntem kullanılır. Bu işlem için 0,01 ila 1 N arasında olan yükler gereklidir. Ölçme cihazı (mikrosertlik muayene cihazı) sertlik muayene cihazı ve mikroskop karışımı olan bir alettir. Çünkü ancak böyle bir alet ile elmas uç, belirli bir kristale batırılabilir.

Sertlik Dönüşüm Tablosu

Vickers Sertlik Değeri	Brinell Sertlik Değeri 10 mm tungsten karbür uç	Rockwell Sertlik Değeri	
-	Yük 3000 kg	100 kg yük ile B skalası	150 kg yük ile C skalası
940	-	-	68.0
920	-	-	67.5
900	-	-	67.0
880	(767)	-	66.4
860	(757)	-	65.9
570	535	-	53.6
560	525	-	53.0
400	379	-	40.8
390	369	-	39.8
380	360	(110.0)	38.8
370	350	-	37.7
360	341	(109.0)	36.6
275	261	-	26.4
270	256	(102.0)	25.6
170	162	85.0	(3.0)
160	152	81.7	(0.0)
150	143	78.7	-
100	95	56.2	-
95	90	52.0	-
90	86	48.0	-
85	81	41.0	-

Tablo: 2.4

2.2. Dinamik Sertlik Ölçme Yöntemleri

2.2.1. Shore Sertlik Ölçme Yöntemi

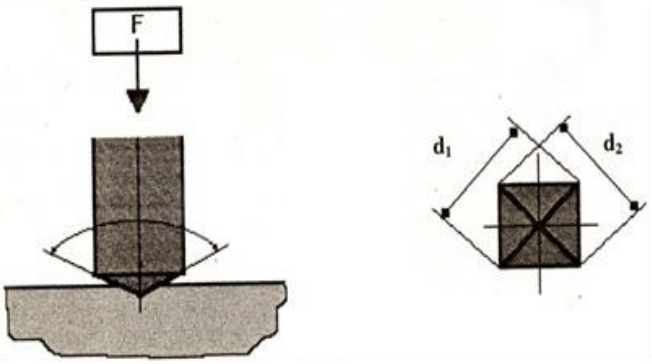
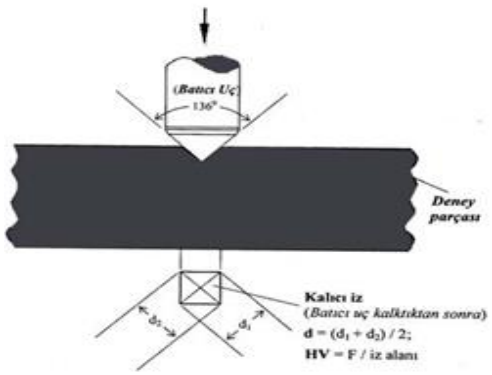
Bir boru içerisinden kütlesi 20 g olan bilye biçiminde cisim, düşey olarak muayene yapılacak malzeme üzerine düşer ve geri sıçrar. Sert malzemelerde düşüş enerjisinin küçük bir kısmı, malzeme üzerinde şekil değişimine harcanır. Bu nedenle sert malzemelerde düşen cismin izi küçük olur. Enerjinin geri kalan kısmı geri sıçramaya neden olur. Geri sıçramayı meydana getiren eneıji ölçü aletiyle tespit edilir. Geri sıçrama yüksekliği malzemenin sertliğinin ölçüsüdür.

Resim 2.7: Shore sertlik ölçüm cihazları

Shore (şôr) dinamik sertlik ölçme yönteminde karşılaştırmayla sonuca vardır. Ayar noktası olarak perlitik ve cam sertliğinde bir çeliğin (karbon oranı % 0,8) sertliği alınmış olup, bu değer 100° shore olarak gösterilir. Bu geri sıçrama yüksekliği 100 eşit parçaya bölünmüştür. Geri sıçrama sertliğini ölçen araçlara skıerskop ya da sklerograf denir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Makine parçalarının sertlik ölçme işlemini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
Numunenin düzgün olmayan yüzeyini mekaniksel yollarla düzeltiniz ve zımpara ile parlatınız.	➢ Kimyasal temizleme işlemlerini yaparken dikkatli olunuz.
Malzeme cinsine ve kalınlığına göre uygulama basıncını ve süresini belirleyiniz.	➢ Çalışma sırasında disiplinli hareket ediniz.
Batıcı ucu yüzeye dik olacak şekilde temas ettiriniz. 	➢ İş önlüğü ve eldiven kullanmadan çalışmaya başlamayınız.
➢ Tabanı kare tepe açısı 136° olan batıcı ucu malzemeye belirlenen yük ve sürede batırınız. 	➢ Mesleğiniz ile ilgili bütün iş güvenliği kurallara uyunuz ve meslek ahlak kurallarına uygun davranınız.

➢ Yük kaldırıldıktan sonra metalurji mikroskobu yardımı ile izi ölçme ekranına aktarınız. 	
➢ Ölçme ekranındaki hareketli iki cetvel yardımı ile izin köşegen uzunluklarının ortalamasını alınız ve iz alanını hesaplayınız. 	
➢ Vickers sertliğini, deney yükünü (kg) milimetrik alan olarak ifade edilen iz alanına bölünmesi ile bulunuz.	

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Numunenin düzgün olmayan yüzeyini mekaniksel yollarla düzeltip zımpara ile parlattınız mı?		
2. Malzeme cinsine ve kalınlığına göre uygulama basıncını ve süresini belirlediniz mi?		
3. Batıcı ucu yüzeye dik olacak şekilde temas ettirdiniz mi?		
4. Tabanı kare tepe açısı 136° olan batıcı ucu malzemeye belirlenen yük ve sürede batırdınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme" ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Bir malzemenin, kendisinden daha sert malzemenin batmasına, çizmesine vb. karşı gösterdiği dirence ……. denir.
Yukarıda boş bırakımlan yere aşağıdaki seçeneklerden hangisi gelmelidir?
A) Kesici
B) Yumuşaklık
C) Direnç
D) Sertlik

2. Ölçümün güvenilir olması için parça üzerinde en az kaç yerden ölçüm yapılmalıdır?
A) 8
B) 3
C) 1
D) 2

3. Küre ya da koni biçimindeki ucun belli bir yük altında malzeme üzerinde oluşturduğu izin derinliğinin ölçülen sertlik değerine ne denir?
A) Yüzey sertliği
B) Malzeme sertliği
C) Shore sertliği
D) Rockwell sertliği

4. Bir numune üzerinde birden fazla ölçümlerde izler arasındaki mesafeler kaç mm olmalıdır?
A) 6-8
B) 2-3
C) 9-10
D) 0-1

5. Geri sıçrama yöntemiyle yapılan sertlik ölçümü ne ad verilir?
A) Shore sertlik ölçümü
B) Rockwell serlik ölçümü
C) Brinell sertlik ölçümü
D) Hiçbiri

6. Vickers sertlik ölçme yönteminde batıcı uç olarak…….. yapılmış basık dört kenarlı bir…… kullanılır.
Yukarıda boş bırakımlan yerlere aşağıdaki seçeneklerden hangisi gelmelidir?
A) Elmastan - piramit
B) Kromdan – piramit
C) Çelikten – yuvarlak
D) Elmastan – yuvarlak

7. "Hassas olmayan ve ucuz batıcı uç olarak sertleştirilmiş çelikten taşlanarak yapılmış küreler (bilyeler) kullanılır."

Yukarıda hangi sertlik ölçme yönteminden bahsedilmiştir?
A) Rockwell
B) Brinell
C) Shore
D) Vickers

8. En doğru sertlik ölçüm değerini hangi yöntem verir?
A) Rockwell
B) Brinell
C) Shore
D) Vickers

9. "Bu yöntemde sertlik, yükün iz yüzeyine oranı üzerinden hesaplanmaz, doğrudan doğruya iz derinliğinden bulunur. İz derinliği ve sertlik değeri bir derinlik ölçme aletinden (derinlik saati) okunabilir."

Yukarıdaki tanım hangi sertlik ölçme yöntemine aittir?
A) Rockwell
B) Brinell
C) Shore
D) Vickers

10. Sertlik ölçme yöntemleri ……. ve …… olmak üzere iki guruba ayrılır. Yukarıda boş bırakımlan yerlere aşağıdaki seçeneklerden hangisi gelmelidir?

A) Yumuşak – sert
B) Statik – dinamik
C) Normal – hızlı
D) Yavaş - dinamik

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
Çekme deneyi		
Deney çubuğunu çekme çubuğuna bağladınız mı?		
Deney yükünü doğru biçimde uyguladınız mı?		
Elastikiyet, akma, çekme ve kopma noktalarını tespit ettiniz mi?		
Malzeme için gerekli hesaplamaları yaptınız mı?		
Basıncı düşererek cihazın motorunu durdurdunuz mu?		
Basma deneyi		
Örnek deney parçası hazırladınız mı?		
Malzemeyi cihaza doğru biçimde yerleştirdiniz mi?		
Yükü doğru biçimde uyguladınız mı?		
Cihaz göstergesinden yükü takip ettiniz mi?		
Cihazı durdurarak gerekli ölçüm ve hesaplamaları yaptınız mı?		
Eğme deneyi		
Numune malzemeyi mengeneye doğru biçimde bağladınız mı?		
Çekiçle veya bükme çatalıyla parçayı doğru bir şekilde büktünüz mü?		
İç ve dış köşelerin fiziksel durumunu belirlediniz mi?		
Brinel deneyi için ölçütler		
Numunenin düzgün olmayan yüzeyini mekanik yollarla düzeltiniz ve zımpara ile parlatınız mı?		
Malzeme cinsine göre bilye çapını, uygulama basıncını ve uygulama süresini belirlediniz mi?		
Yükü malzemeye belirlenen şartlarda yavaş yavaş ve en az üç yerden uyguladınız mı?		
Meydana gelen izlerin birbirine dik iki yöndeki çaplarını taksimatlı büyüteçle ölçerek ayrı ayrı ortalamalarını aldınız mı?		
Üç izin ölçülen çaplarının ortalamasını alarak küresel alanı hesapladınız mı?		

Bilye üzerindeki yükü, meydana gelen yüzey alanına bölerek Brinell sertlik değerini buldunuz mu?		
Rockwell deneyi için ölçütler		
Numunenin kirli olan yüzeyini kimyasal yollarla temizleyerek zımpara ile parlattınız mı?		
Malzeme cinsine göre batıcı ucun şeklini ve uygulama basıncını belirlediniz mi?		
Batıcı ucu numune yüzeyine dik olacak şekilde temas ettirdiniz mi?		
Önce 10 kg'lık küçük yükleme basıncını uygulayarak ucun malzeme yüzeyine oturmasını sağladınız mı?		
Malzemeye göre batıcı uç çelik bilya olduğunda 100 kg, küresel konik elmas uç kullanıldığında 150 kg'lık büyük yükü uyguladınız mı?		
Büyük yük uygulanıp kaldırıldıktan sonra küçük yük uygulanır duruma getirerek, büyük yükün uygulama derinliğini görerek kadran üzerinden Rockwell sertlik değerini okudunuz mu?		
10 kg'lık ön yüklemeyi kaldırarak deneyi bitirdiniz mi?		
Vickers deneyi için ölçütler		
Numunenin düzgün olmayan yüzeyini mekaniksel yollarla düzeltiniz ve zımpara ile parlattınız mı?		
Malzeme cinsine ve kalınlığına göre uygulama basıncını ve süresini belirlediniz mi?		
Batıcı ucu yüzeye dik olacak şekilde temas ettirdiniz mi?		
Tabanı kare tepe açısı 136^0 olan batıcı ucu malzemeye belirlenen yük ve sürede batırdınız mı?		
Yük kaldırıldıktan sonra metalürji mikroskobu yardımı ile izi ölçme ekranına aktardınız mı?		
Ölçme ekranındaki hareketli iki cetvel yardımı ile izin köşegen uzunluklarının ortalamasını alarah iz alanını hesapladınız mı?		
Deney yükünü (kg) milimetrik alan olarak ifade edilen iz alanına bölerek sertlik değerini buldunuz mu?		
Shore sclereskobu deneyi için ölçütler		
Numunenin düzgün olmayan yüzeyini mekanik yollarla düzeltiniz ve zımpara ile parlattınız mı?		
Cam boruyu malzeme yüzeyine yerleştirdiniz mi?		
Cam borunun içinden 2,6 g'lık bir çekiççiği serbest olarak malzeme yüzeyine bıraktınız mı?		

Çekiççiğin zıplama yüksekliğine göre malzemenin sertliğini ölçtünüz mü?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetlerini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	**C**
2	**A**
3	**C**
4	**D**
5	**B**
6	**D**
7	**D**
8	**B**
9	**A**
10	**C**

ÖĞRENME FAALİYETİ 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	**D**
2	**B**
3	**D**
4	**B**
5	**A**
6	**A**
7	**B**
8	**D**
9	**A**
10	**B**

KAYNAKÇA

- BAYDUR Galip, **Malzeme**, MEB Basımevi, İstanbul, 1987.
- ÖZKARA Hamdi, **Malzeme Bilgisi**, İlksan Matbaacılık, Ankara, 1997.
- SAVAŞKAN Temel, **Malzeme Bilgisi ve Muayenesi**, Trabzon, 2004.
- YILDIRIM Mustafa, **Metalik Malzemelerde Mekanik ve Tahribatsız Muayene Yöntemleri**, İskenderun, 2001.